



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112856483 B

(45) 授权公告日 2022.07.15

(21) 申请号 202110038649.2

F23L 7/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.01.12

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112856483 A

CN 103322592 A, 2013.09.25

CN 111765491 A, 2020.10.13

CN 211575179 U, 2020.09.25

(43) 申请公布日 2021.05.28

CN 103195587 A, 2013.07.10

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

CN 101818901 A, 2010.09.01

CN 109114592 A, 2019.01.01

CN 102032594 A, 2011.04.27

(72) 发明人 邢畅 邱朋华 刘栗 胡启明
刘健 于欣 沈闻凯 吕亚锦
卢成 陈希叶 张林瑶 赵义军
孙绍增

JP 2005076973 A, 2005.03.24

US 2013312422 A1, 2013.11.28

JP 2005156132 A, 2005.06.16

CN 104541104 A, 2015.04.22

CN 204902536 U, 2015.12.23

(74) 专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权
代理有限公司 23211
专利代理师 王海婷

US 2013283810 A1, 2013.10.31

张春玲. 复合分级低NO_x燃烧改造方案技术和
经济性分析.《东北电力技术》.2015,

李迎春. 航空燃气涡轮发动机氢燃料研究历史
和低污染燃烧技术发展.《航空动力学报》
.2012, 第27卷(第3期),

(51) Int. Cl.
F23R 3/02 (2006.01)
F23R 3/28 (2006.01)
F23D 14/22 (2006.01)
F23D 14/48 (2006.01)
F23D 14/46 (2006.01)

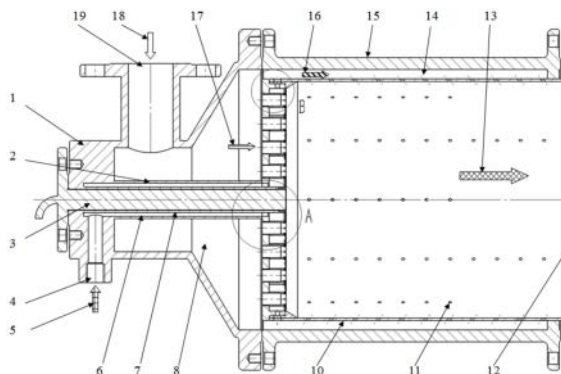
审查员 吴雪晴

权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称
一种加湿微混燃烧器

火焰温度峰值和高温区尺寸进行控制,降低烟气
在高温区内停留时间,实现高温高压环境下NO_x
的低排放。

(57) 摘要
本发明提供了一种加湿微混燃烧器,包括燃
烧器顶盖、若干微混喷嘴、空气分配腔、燃料分配
腔、定位前端盖、定位后端盖、火焰筒、机匣和电
点火器,在燃烧器顶盖的中心处开通孔,在燃烧
器顶盖的内部设有燃料分配腔和空气分配腔,在
燃烧器顶盖上设有空气进口及燃料进口;定位前
端盖固定在隔离内壁的末端,定位后端盖固定在
通孔的孔壁的末端,在定位前端盖上和在定位后
端盖上都均匀开设有若干定位孔,定位后端盖套
设在定位前端盖上,火焰筒的一端套设在定位后
端盖上,在定位前端盖和定位后端盖之间每对一
一对应的定位孔上安装一个微混喷嘴。本发明对



CN 112856483 B

1. 一种加湿微混燃烧器,其特征在于:包括燃烧器顶盖(1)、若干微混喷嘴(21)、空气分配腔(8)、燃料分配腔(6)、定位前端盖(20)、定位后端盖(22)、火焰筒(10)、机匣(15)和电点火器(3),在所述的燃烧器顶盖(1)的中心处开通孔,所述的电点火器(3)安装在通孔内,在所述的燃烧器顶盖(1)的内部设有与通孔同轴布置的燃料分配腔(6)和空气分配腔(8),所述的空气分配腔(8)和燃料分配腔(6)通过隔离内壁(2)分隔且互不连通,在燃烧器顶盖(1)上设有与空气分配腔(8)连通的空气进口(19)及与燃料分配腔(6)连通的燃料进口(4);所述的定位前端盖(20)固定在隔离内壁(2)的末端,所述的定位后端盖(22)固定在通孔的孔壁(7)的末端;

在定位前端盖(20)上均匀开设有若干前端盖定位孔(33),在定位后端盖(22)上均匀开设有若干后端盖定位孔(34),且前端盖定位孔(33)和后端盖定位孔(34)一一对应布置,所述定位后端盖(22)套设在定位前端盖(20)上,所述的火焰筒(10)的一端套设在定位后端盖(22)上,且定位前端盖(20)、定位后端盖(22)和火焰筒(10)固定连接,在定位前端盖(20)和定位后端盖(22)之间每对一一对应的定位孔上安装一个微混喷嘴(21),微混喷嘴(21)的进气口(26)与空气分配腔(8)连通,出气口(32)与火焰筒(10)连通,在每个微混喷嘴(21)上设有若干与燃料分配腔(6)连通的燃料孔(30);

所述的燃烧器顶盖(1)与机匣(15)固定连接,所述的火焰筒(10)设置在机匣(15)内,且火焰筒(10)外壁与机匣(15)内壁之间形成冷却空气腔(14),所述的冷却空气腔(14)与空气分配腔(8)连通;

所述微混喷嘴(21)包括同轴线布置且一体成型的直管段(28)和渐缩段(29),在渐缩段(29)的内壁上沿圆周均匀分布若干个燃料孔(30),且燃料孔(30)沿渐缩段(29)的径向开设。

2. 根据权利要求1所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:在靠近微混喷嘴(21)的进气口(26)处设有前定位卡槽(27),在靠近微混喷嘴(21)的出气口(32)处设有后定位卡槽(31),每个微混喷嘴(21)的前定位卡槽(27)与相应的前端盖定位孔(33)插接,每个微混喷嘴(21)的后定位卡槽(31)与相应的后端盖定位孔(34)插接。

3. 根据权利要求1或2所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:所述微混喷嘴的进气口(26)直径 D_1 为4~10mm,微混喷嘴的出气口(32)直径 D_2 为3~9mm,微混喷嘴的进气口(26)直径 D_1 大于微混喷嘴的出气口(32)直径 D_2 ,微混喷嘴的直管段(28)长度 L_1 为5~20mm,微混喷嘴的渐缩段(29)长度 L_2 为1~4mm,燃料孔(30)直径 D_0 为0.3~1mm,燃料孔(30)轴线与微混喷嘴的出气口(32)的距离 L_3 为 $0.5 \times D_0 \sim (L_2 - 0.5 \times D_0)$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:在所述定位前端盖(20)的侧壁上均匀开设若干前端盖连接螺纹孔(23),在定位后端盖(22)的侧壁上均匀开设若干后端盖连接孔(25),在火焰筒(10)的侧壁上均匀设有若干火焰筒定位孔(24),且前端盖连接螺纹孔(23)、后端盖连接孔(25)和火焰筒定位孔(24)的数目及分布形式相同,通过螺钉穿过位于同一位置处的前端盖连接螺纹孔(23)、后端盖连接孔(25)和火焰筒定位孔(24)连接固定定位前端盖(20)、定位后端盖(22)与火焰筒(10)。

5. 根据权利要求1、2或4所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:所述火焰筒(10)侧壁均匀布置若干冷却孔(11),且冷却孔(11)直径为0.5-2mm。

6. 根据权利要求5所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:在燃烧器出口(12)侧,火

焰筒(10)通过机匣(15)固定。

7. 根据权利要求1所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:所述冷却空气(16)体积流量与加湿空气(18)体积流量的比例为0.05-0.2。

8. 根据权利要求1所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:所述电点火器(3)通过法兰盘与燃烧器顶盖(1)连接固定。

9. 根据权利要求1、2、7或8所述的一种加湿微混燃烧器,其特征在于:所述空气进口(19)和燃料进口(4)设置在燃烧器顶盖(1)的两侧。

一种加湿微混燃烧器

技术领域

[0001] 本发明属于低氮燃烧技术领域,尤其是涉及一种加湿微混燃烧器。

背景技术

[0002] 为了提高能源利用系统的效率,燃烧器内烟气的设计温升越来越高,但所形成的高温烟气分布有利于 NO_x 的大量生成,特别在燃气轮机领域,燃烧器内烟气工况压力也随着机组效率和温升的提高而同时增大,当火焰区温度高于1900K时, NO_x 生成率与烟气压力大致成幂指数为0.5倍的关系。随着污染物排放指标越来越严格,传统的燃烧器在上述工况条件下已经不能满足污染物排放要求,因此有必要设计一款新型的加湿微混燃烧器解决上述问题。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明旨在提出一种加湿微混燃烧器,对火焰峰值温度和高温区尺寸进行控制,并降低烟气在高温区内的停留时间,进而实现高温高压环境下 NO_x 的低排放。

[0004] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0005] 一种加湿微混燃烧器,包括燃烧器顶盖、若干微混喷嘴、空气分配腔、燃料分配腔、定位前端盖、定位后端盖、火焰筒、机匣和电点火器,在所述的燃烧器顶盖的中心处开通孔,所述的电点火器安装在通孔内,在所述的燃烧器顶盖的内部设有与通孔同轴布置的燃料分配腔和空气分配腔,所述的空气分配腔和燃料分配腔通过隔离内壁分隔且互不连通,在燃烧器顶盖上设有与空气分配腔连通的空气进口及与燃料分配腔连通的燃料进口;所述的定位前端盖固定在隔离内壁的末端,所述的定位后端盖固定在通孔的孔壁的末端;

[0006] 在定位前端盖上均匀开设有若干前端盖定位孔,在定位后端盖上均匀开设有若干后端盖定位孔,且前端盖定位孔和后端盖定位孔一一对应布置,所述定位后端盖套设在定位前端盖上,所述的火焰筒的一端套设在定位后端盖上,且定位前端盖、定位后端盖和火焰筒固定连接,在定位前端盖和定位后端盖之间每对一一对应的定位孔上安装一个微混喷嘴,微混喷嘴的进气口与空气分配腔连通,出气口与火焰筒连通,在每个微混喷嘴上设有若干与燃料分配腔连通的燃料孔;

[0007] 所述的燃烧器顶盖与机匣固定连接,所述的火焰筒设置在机匣内,且火焰筒外壁与机匣内壁之间形成冷却空气腔,所述的冷却空气腔与空气分配腔连通。

[0008] 进一步的,所述微混喷嘴包括同轴线布置且一体成型的直管段和渐缩段,在渐缩段的内壁上沿圆周均匀分布若干个燃料孔,且燃料孔沿渐缩段的径向开设。

[0009] 进一步的,在靠近微混喷嘴的进气口处设有前定位卡槽,在靠近微混喷嘴的出气口处设有后定位卡槽,每个微混喷嘴的前定位卡槽与相应的前端盖定位孔插接,每个微混喷嘴的后定位卡槽与相应的后端盖定位孔插接。

[0010] 进一步的,所述微混喷嘴的进气口直径 D_1 为4~10mm,微混喷嘴的出气口直径 D_2 为3~9mm,微混喷嘴的进气口直径 D_1 大于微混喷嘴的出气口直径 D_2 ,微混喷嘴的直管段长度

L1为5~20mm,微混喷嘴的渐缩段长度L2为1~4mm,燃料孔直径D0为0.3~1mm,燃料孔轴线与微混喷嘴的出气口的距离L3为 $0.5 \times D0 \sim (L2 - 0.5 \times D0)$ 。

[0011] 进一步的,在所述定位前端盖的侧壁上均匀开设若干前端盖连接螺纹孔,在定位后端盖的侧壁上均匀开设若干后端盖连接孔,在火焰筒的侧壁上均匀设有若干火焰筒定位孔,且前端盖连接螺纹孔、后端盖连接孔和火焰筒定位孔的数目及分布形式相同,通过螺钉穿过位于同一位置处的前端盖连接螺纹孔、后端盖连接孔和火焰筒定位孔连接固定定位前端盖、定位后端盖与火焰筒。

[0012] 进一步的,所述火焰筒侧壁均匀布置若干冷却孔,且冷却孔直径为0.5-2mm。

[0013] 进一步的,在燃烧器出口侧,火焰筒通过机匣固定。

[0014] 进一步的,所述冷却空气体积流量与加湿空气体积流量的比例为0.05-0.2。

[0015] 进一步的,所述电点火器通过法兰盘与燃烧器顶盖连接固定。

[0016] 进一步的,所述空气进口和燃料进口设置在燃烧器顶盖的两侧。

[0017] 相对于现有技术,本发明所述的一种加湿微混燃烧器具有以下优势:

[0018] 本申请采用空气加湿、氧化剂与燃料微混合以及火焰分布布置的技术路线,对火焰峰值温度和高温区尺寸进行控制,并降低烟气在高温区内的停留时间,进而实现高温高压环境下NO_x的低排放。

[0019] 本申请结构简单、维护方便,与现有燃烧器装置可实现互换;体积热强度高,结构紧凑,集成化程度高;运行工况范围宽,出口烟气温分布均匀;顺流式结构布置,压力损失低,对现有能源利用系统效率影响小;冷却空气在冷却空气腔内仍能保持较低的温度从而起到对火焰筒冷却保护作用;燃料适应性强,可燃用天然气、纯氢以及合成气等燃料。

[0020] 本申请可在燃气轮机燃烧室、锅炉以及窑炉等领域应用。

附图说明

[0021] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0022] 图1为本发明实施例所述的一种加湿微混燃烧器的结构示意图;

[0023] 图2为图1中A处放大图;

[0024] 图3为图1种B处放大图;

[0025] 图4为微混喷嘴的侧视图;

[0026] 图5为图4的C-C向剖视图;

[0027] 图6为定位前端盖的结构示意图;

[0028] 图7为图6的D-D向剖视图;

[0029] 图8为定位后端盖的结构示意图;

[0030] 图9为图8的E-E向剖视图。

[0031] 附图标记说明:

[0032] 1.燃烧器顶盖;2.隔离内壁;3.电点火器;4.燃料进口;5.燃料;6.燃料分配腔;7.孔壁;8.空气分配腔;10.火焰筒;11.冷却孔;12.燃烧器出口;13.烟气;14.冷却空气腔;15.机匣;16.冷却空气;17.主燃空气;18.加湿空气;19.空气进口;20.定位前端盖;21.微混喷嘴;22.定位后端盖;23.前端盖连接螺纹孔;24.火焰筒定位孔;25.后端盖连接孔;26.进气

口;27.前定位卡槽;28.直管段;29.渐缩段;30.燃料孔;31.后定位卡槽;32.出气口;33.前端盖定位孔;34.后端盖定位孔。

具体实施方式

[0033] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0034] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0035] 如图1-图9所示,一种加湿微混燃烧器,燃烧器出口12的平均温度为 1500°C ,加湿空气18的进口平均温度为 300°C ,水蒸气体积稀释率为0.15,包括燃烧器顶盖1、若干微混喷嘴21、空气分配腔8、燃料分配腔6、定位前端盖20、定位后端盖22、火焰筒10、机匣15和电点火器3,在所述的燃烧器顶盖1的中心处开通孔,所述的电点火器3安装在通孔内,在所述的燃烧器顶盖1的内部设有与通孔同轴布置的燃料分配腔6和空气分配腔8,所述的空气分配腔8和燃料分配腔6通过隔离内壁2分隔且互不连通,在燃烧器顶盖1上设有与空气分配腔8连通的空气进口19及与燃料分配腔6连通的燃料进口4;所述的定位前端盖20固定在隔离内壁2的末端,所述的定位后端盖22固定在通孔的孔壁7的末端;

[0036] 在定位前端盖20上均匀开设有若干前端盖定位孔33,在定位后端盖22上均匀开设有若干后端盖定位孔34,且前端盖定位孔33和后端盖定位孔34一一对应布置,所述定位后端盖22套设在定位前端盖20上,所述的火焰筒10的一端套设在定位后端盖22上,且定位前端盖20、定位后端盖22和火焰筒10固定连接,在定位前端盖20和定位后端盖22之间每对一一一对应的定位孔上安装一个微混喷嘴21,微混喷嘴21的进气口26与空气分配腔8连通,出气口32与火焰筒10连通,在每个微混喷嘴21上设有2-8个与燃料分配腔6连通的燃料孔30,具体可以为四个燃料孔30;

[0037] 所述的燃烧器顶盖1与机匣15固定连接,所述的火焰筒10设置在机匣15内,且火焰筒10外壁与机匣15内壁之间形成冷却空气腔14,所述的冷却空气腔14与空气分配腔8连通。

[0038] 微混喷嘴21包括同轴线布置且一体成型的直管段28和渐缩段29,在渐缩段29的内壁上沿圆周均匀分布若干个燃料孔30,且燃料孔30沿渐缩段29的径向开设。燃料孔30布置在渐缩段29上,有利于强化主燃空气17与燃料5的混合。

[0039] 在靠近微混喷嘴21的进气口26处设有前定位卡槽27,在靠近微混喷嘴21的出气口32处设有后定位卡槽31,每个微混喷嘴21的前定位卡槽27与相应的前端盖定位孔33插接,每个微混喷嘴21的后定位卡槽31与相应的后端盖定位孔34插接。

[0040] 微混喷嘴的进气口26直径 D_1 为 $4\sim 10\text{mm}$,微混喷嘴的出气口32直径 D_2 为 $3\sim 9\text{mm}$,微混喷嘴的进气口26直径 D_1 大于微混喷嘴的出气口32直径 D_2 ,微混喷嘴的直管段28长度 L_1 为 $5\sim 20\text{mm}$,微混喷嘴的渐缩段29长度 L_2 为 $1\sim 4\text{mm}$,燃料孔30直径 D_0 为 $0.3\sim 1\text{mm}$,燃料孔30轴线与微混喷嘴的出气口32的距离 L_3 为 $0.5\times D_0\sim L_2-0.5\times D_0$,具体可以为:微混喷嘴的进气口26直径 D_1 为 5mm ,微混喷嘴的出气口32直径 D_2 为 4mm ,微混喷嘴的直管段28长度 L_1 为 8mm ,微混喷嘴的渐缩段29长度 L_2 为 2mm ,燃料孔30直径 D_0 为 0.5mm ,燃料孔30轴线与微混喷嘴的出气口32的距离 L_3 为 0.5mm 。在此结构条件下,有利于主燃空气17在直管段28内实现流动充分发展,有助于主燃空气17与燃料5的混合,并使主燃空气17和燃料5的混合物在火焰筒内发生化学反应,有效防止燃烧回火和微混喷嘴21的烧蚀,提高燃烧稳定性。

[0041] 在所述定位前端盖20的侧壁上均匀开设若干前端盖连接螺纹孔23,在定位后端盖22的侧壁上均匀开设若干后端盖连接孔25,在火焰筒10的侧壁上均匀设有若干火焰筒定位孔24,且前端盖连接螺纹孔23、后端盖连接孔25和火焰筒定位孔24的数目及分布形式相同,可以为12个,通过螺钉穿过位于同一位置处的前端盖连接螺纹孔23、后端盖连接孔25和火焰筒定位孔24连接固定定位前端盖20、定位后端盖22与火焰筒10。

[0042] 火焰筒10侧壁均匀布置若干冷却孔11,且冷却孔11直径为0.5-2mm,具体可以为1mm。在燃烧器出口12侧,火焰筒10通过机匣15固定。冷却空气16体积流量与加湿空气18体积分流量的比例为0.05-0.2。电点火器3通过法兰盘与燃烧器顶盖1连接固定。空气进口19和燃料进口4设置在燃烧器顶盖1的两侧。

[0043] 本申请的加湿微混燃烧器的工作过程为:燃料5由燃料进口4进入燃料分配腔6,燃料5进入燃料分配腔6后,进入定位前端盖20和定位后端盖22之间的空间,再通过微混喷嘴21的燃料孔30进入微混喷嘴21内;

[0044] 加湿空气18由空气进口19进入空气分配腔8,进入空气分配腔8的加湿空气分为两路,分别为主燃空气17和冷却空气16,主燃空气17通过进气口26进入微混喷嘴21,并与燃料5混合后进入火焰筒10燃烧,生成烟气13;冷却空气16进入冷却空气腔14后,通过冷却孔11进入火焰筒10,并对火焰筒10进行冷却保护,冷却空气体积流量与加湿空气体积分流量的比例为0.1。

[0045] 下面给出几种具体示例:当加湿空气流量为28.2g/s,加湿空气绝对压力为0.1MPa,燃料为CH₄,燃料流量为1.00g/s,微混喷嘴数量为40个时,加湿微混燃烧器的NO_x@15%O₂为2.51ppm,燃烧器出口温度分布系数(OTDF)为7.19%,总压恢复系数为97.97%;
 $OTDF = (\text{燃烧器出口最高温度} - \text{燃烧器出口平均温度}) \div (\text{燃烧器出口平均温度} - \text{加湿空气进口温度})$

[0046] 当加湿空气流量为27.5g/s,加湿空气绝对压力为0.1MPa,燃料为H₂,燃料流量为0.42g/s,微混喷嘴数量为40个时,加湿微混燃烧器的NO_x@15%O₂为4.81ppm,OTDF为6.68%,总压恢复系数为96.88%;

[0047] 当加湿空气流量为26.9g/s,加湿空气绝对压力为0.1MPa,燃料为合成气(H₂与CO体积浓度比为1),燃料流量为2.87g/s,微混喷嘴数量为40个时,加湿微混燃烧器的NO_x@15%O₂为1.44ppm,OTDF为6.75%,总压恢复系数为96.39%;

[0048] 当加湿空气流量为282.4g/s,加湿空气绝对压力为1MPa,燃料为CH₄,燃料流量为9.98g/s,微混喷嘴数量为40个时,加湿微混燃烧器的NO_x@15%O₂为9.13ppm,OTDF为8.42%,总压恢复系数为97.97%;

[0049] 当加湿空气流量为274.6g/s,加湿空气绝对压力为1MPa,燃料为H₂,燃料流量为4.17g/s,微混喷嘴数量为40个时,加湿微混燃烧器的NO_x@15%O₂为19.41ppm,OTDF为7.46%,总压恢复系数为96.93%;

[0050] 当加湿空气流量为269.3g/s,加湿空气绝对压力为1MPa,燃料为合成气(H₂与CO体积浓度比为1),燃料流量为28.70g/s,微混喷嘴数量为40个时,加湿微混燃烧器的NO_x@15%O₂为8.44ppm,OTDF为7.92%,总压恢复系数为96.27%。

[0051] 综上,可以看出,烟气出口平均温度高,运行范围宽,可在烟气出口平均温度为900-1500℃以及加湿空气温度为200-600℃工况需求下运行。烟气出口温度分布均匀,OTDF

$\leq 10\%$ 。 NO_x 排放低， $\text{NO}_x @ 15\% \text{O}_2 \leq 30 \text{ppm}$ 。燃烧器采用顺流式布置，压力损失低，总压恢复系数 $\geq 95\%$ ，冷却空气在冷却空气腔内仍能保持较低的温度从而起到对火焰筒冷却保护作用。燃料适应性强，可燃用天然气，纯氢以及合成气。

[0052] 加湿燃烧是一种稀释燃烧技术，通过对空气进行稀释，以减少氧气浓度，从而降低 NO_x 生成率，进而实现低 NO_x 排放。常用的稀释剂有水蒸气、 CO_2 和惰性气体（以 N_2 为主）。比较稀释剂制取、投运成本等因素，选用水蒸气作为稀释剂具有巨大优势；与此同时，水蒸气具有比其他稀释剂都大的比热容属性，这使得加湿燃烧可以更加有效地降低火焰区域的峰值温度，进一步控制 NO_x 的排放。

[0053] 微混燃烧是一种对高温火焰区域进行精细化管理的燃烧技术，其通过把一个或几个较大的高温火焰区域划分成数十个以及更多较小的高温火焰区域，并把这些较小的高温火焰区域按照一定分布规律布置在燃烧器内，使得烟气途径高温火焰区域的时间缩短。由于 NO_x 反应过程属于慢反应过程，烟气在高温火焰区域较短的停留时间不利于 NO_x 化学反应过程的进行，从而实现燃烧器低 NO 排放。

[0054] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

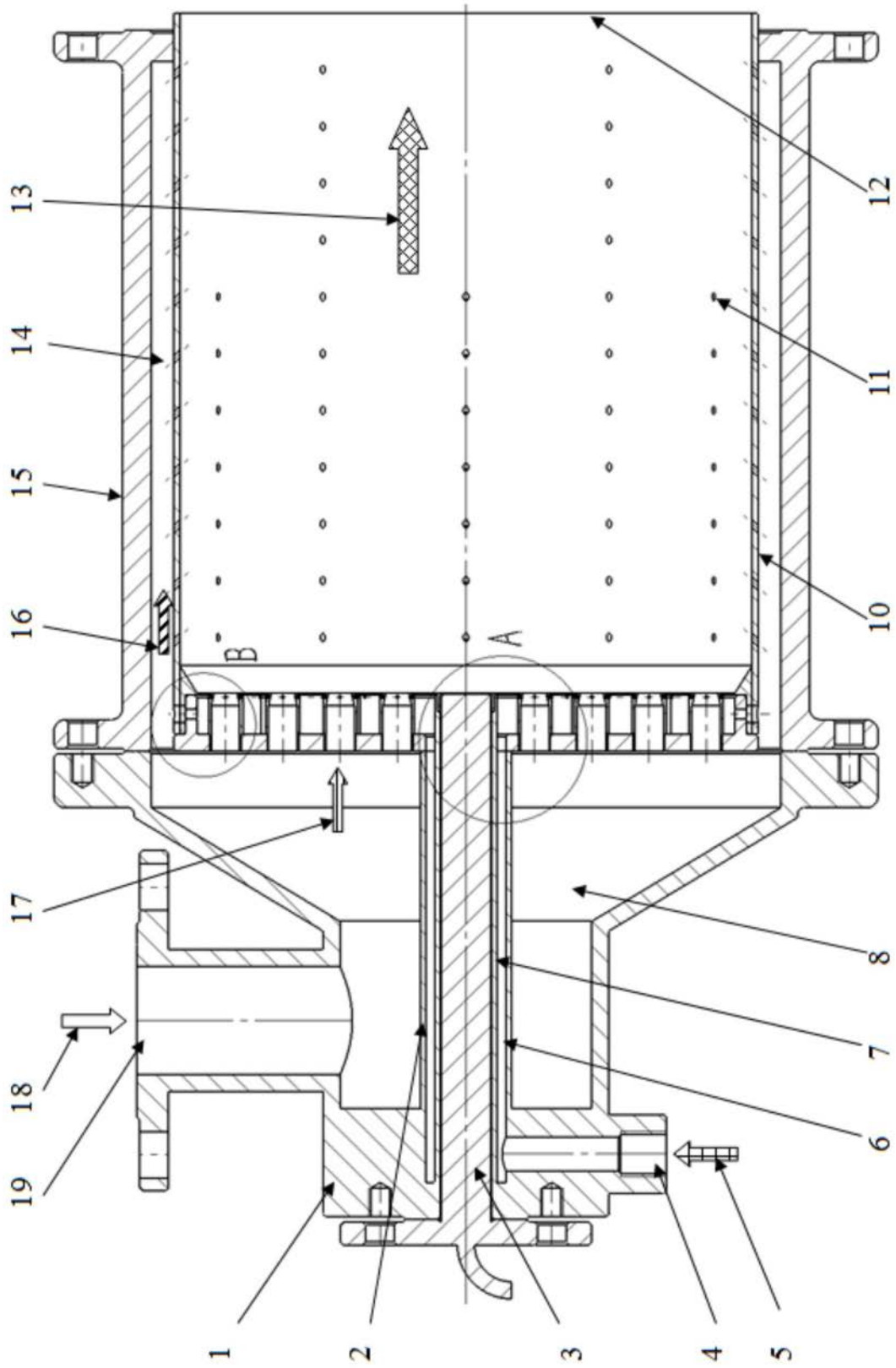


图1

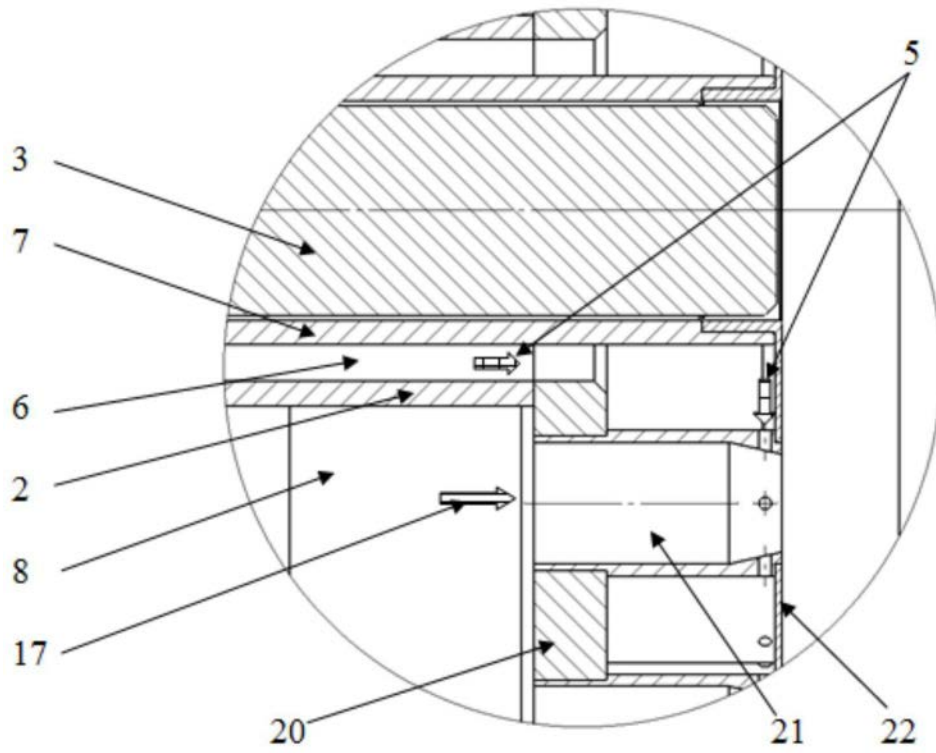


图2

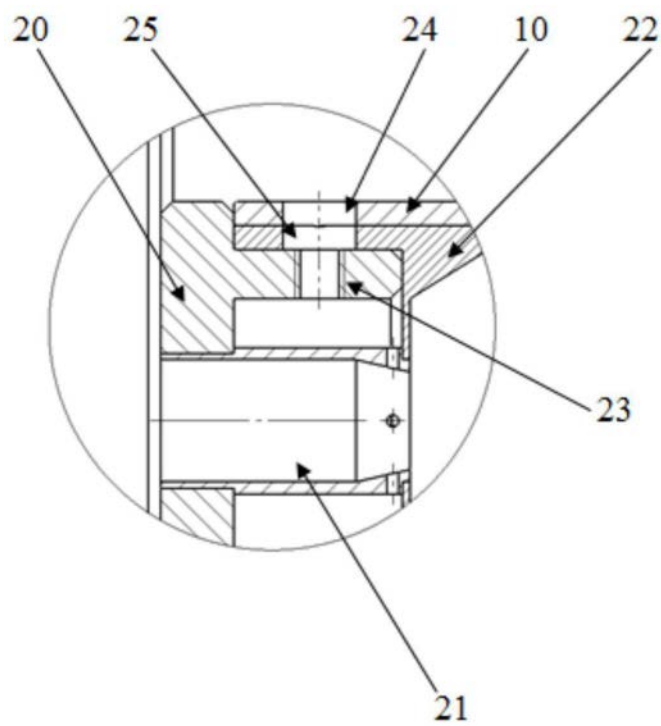


图3

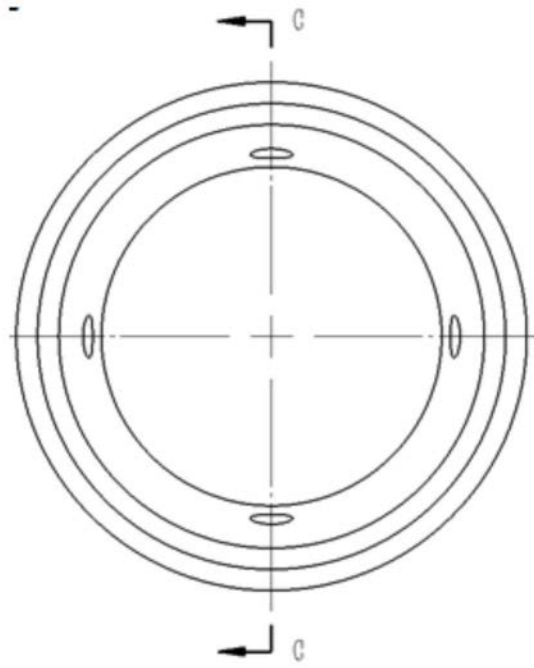


图4

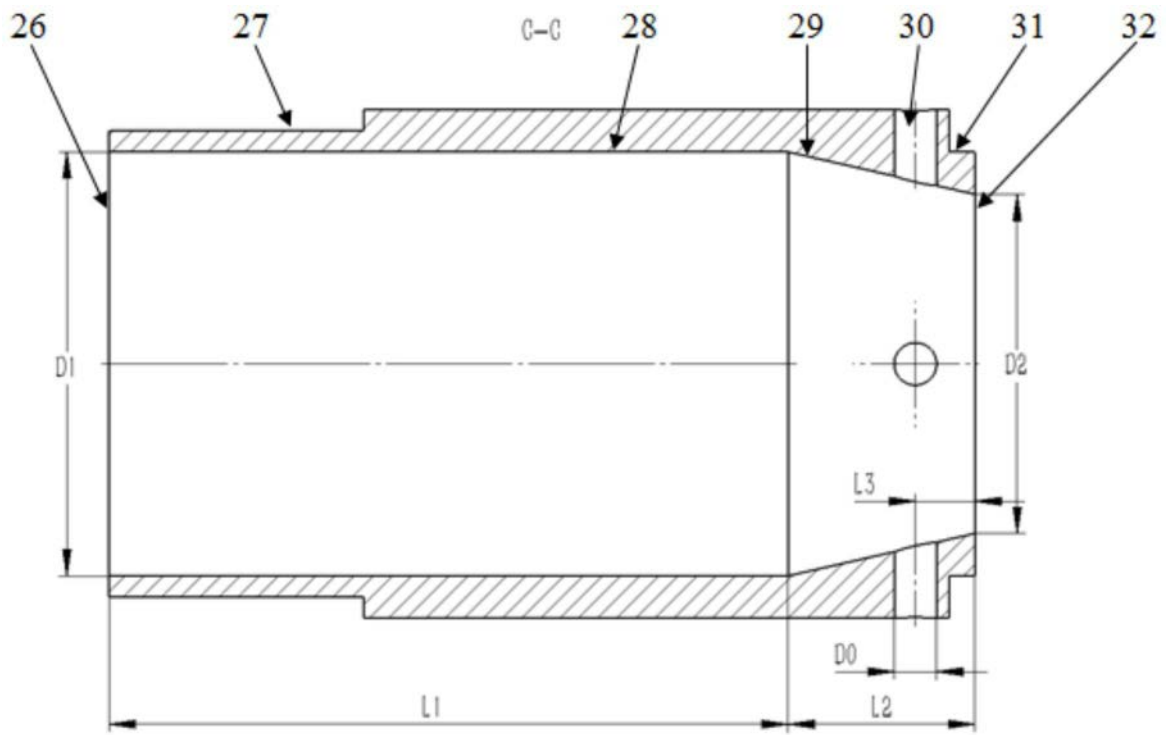


图5

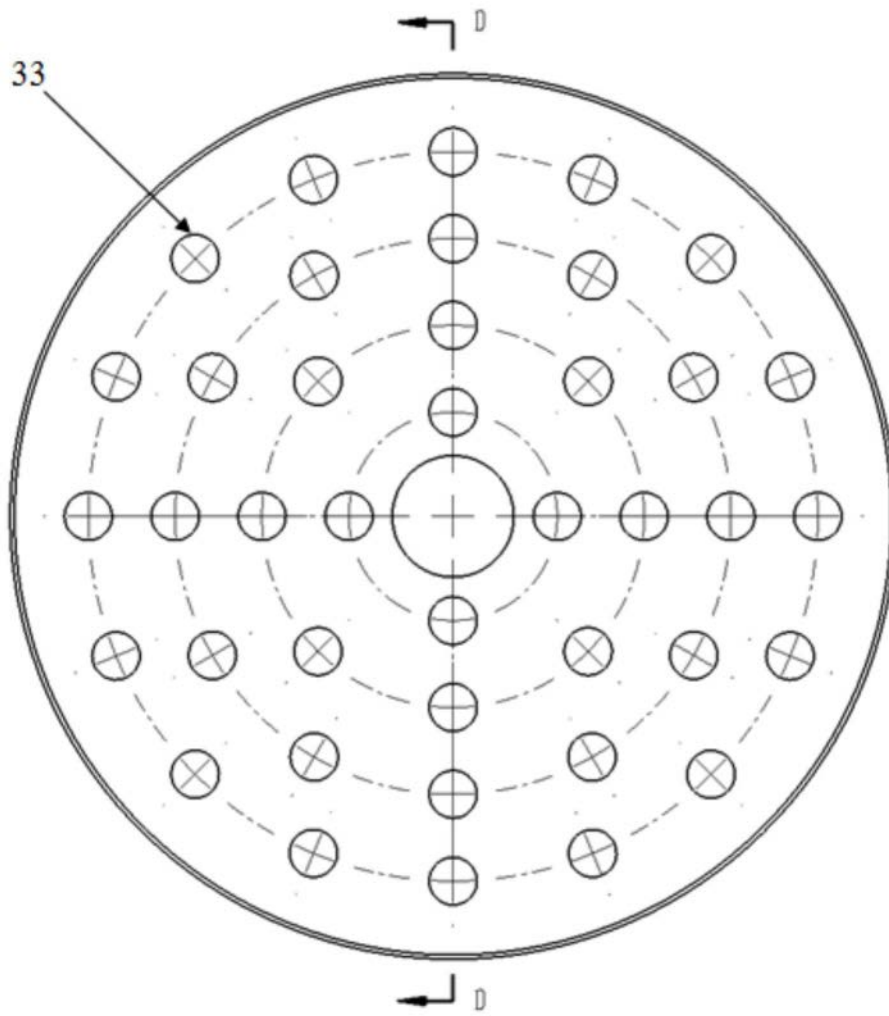


图6

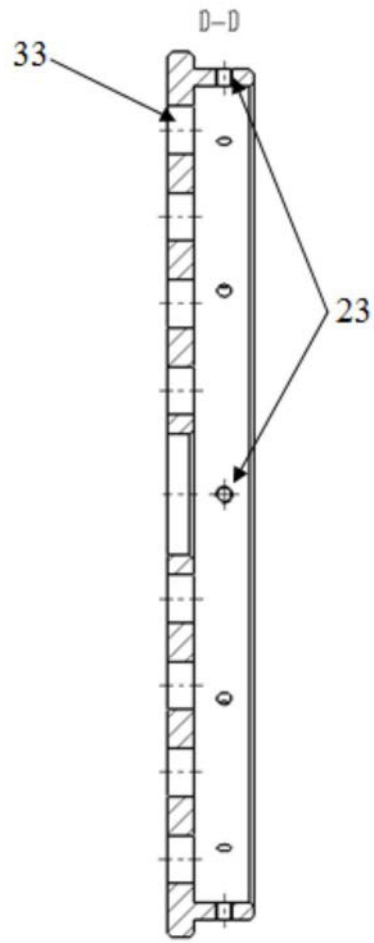


图7

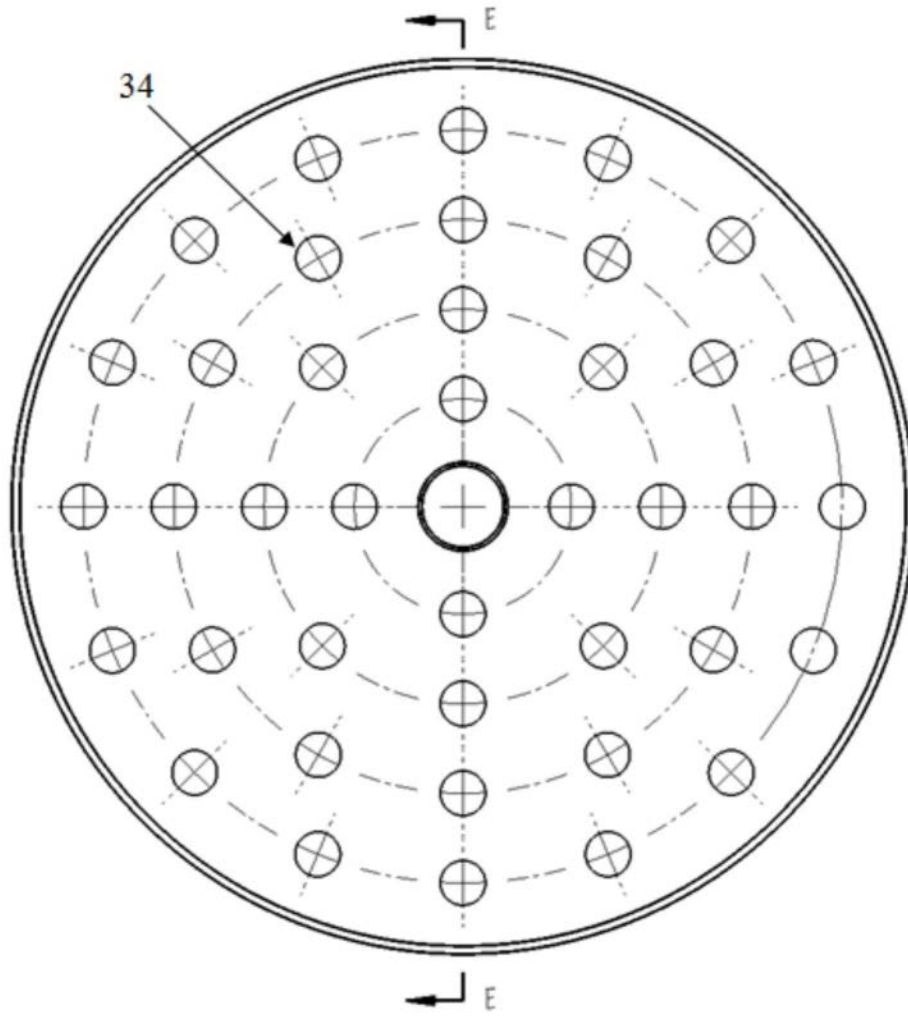


图8

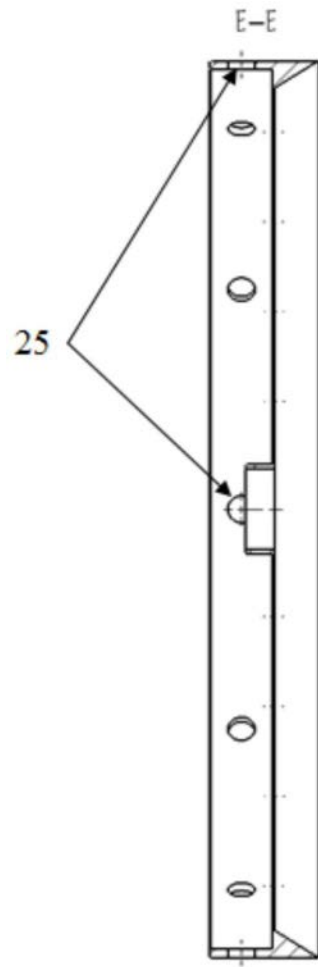


图9